

Коммунальное хозяйство городов

УДК 622.691.4.004

В.Г.ТОПОРОВ, канд. техн. наук, Р.В.ШИМАНОВСЬКИЙ, І.І.КАПЦОВ
УкрНДІгаз, м.Харків

ДО ВИБОРУ ФОРМИ ПІДСИЛЮЮЧОЇ НАКЛАДКИ ПРИ РЕМОНТІ ТРУБОПРОВОДІВ

Розглядається метод ремонту трубопроводів встановленням підсилюючої накладки трьох варіантів форми – круглої, подовженої вздовж окружності та подовженої вздовж твірної труби. Виконано розрахунки методом кінцевих елементів і проаналізовано напружений стан конструкції з подальшими рекомендаціями щодо ремонту.

Для оцінки стану трубопроводу застосовують зовнішні і внутрішні (для труб великого діаметра) обстеження за допомогою різних методів дефектоскопії. Виявлені дефекти класифікують за ступенем небезпеки і приймають відповідні рішення по забезпеченню подальшої безпечної експлуатації – ремонтувати трубопровід або періодично контролювати його з метою оцінки поведінки дефекту в часі.

Оцінку ступеня небезпеки поверхневих дефектів на трубопроводах і їх придатності до подальшої експлуатації сьогодні проводять розрахунковими методами. На міжнародному рівні відомий, наприклад, метод англійської компанії “British Gas” і так званий “критерій B31G” з стандарту ANSI/ASME B31G–1991. В Україні діє свій нормативний документ [1], який дозволяє оцінити залишковий ресурс трубопроводу.

Правильна оцінка можливості подальшої експлуатації трубопроводу з дефектами вимагає знання значного числа факторів, серед яких міцність матеріалу труби (початкова і фактична), напруження, виникаючі при будівництві й експлуатації, тип, кількість і розподіл дефектів, механізм росту дефектів та ін.

Найважливішим параметром, що характеризує міру небезпеки поверхневого дефекту, є його глибина, далі йдуть осьова довжина і ширина. В загальному випадку глибина визначає точку початку руйнування, в той час як осьова довжина – вид руйнування (витік або розрив). Зазвичай протяжні вздовж осі дефекти мають тенденцію до розриву, тоді як відносно короткі – тенденцію до витіку. Так звану межу “розрив – витік” знайти складно, але встановлено, що для більшості трубопроводів дефекти з осьовою довжиною, рівною трьом товщинам стінки (3δ) або менше, приводять до витоків, а дефекти з довжиною більше 3δ – до розриву.

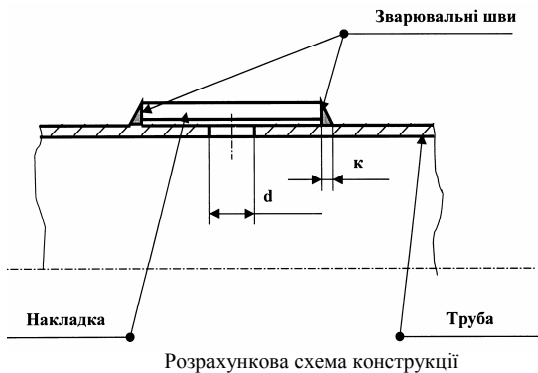
Відомо, що дефекти типу “корозійна виразка” (втрата металу) з осьовою протяжністю не більше 3δ можуть мати глибину до 90% від номінальної товщини стінки труби, перш ніж виникне ризик руйну-

вання і дефект призведе до витoku. Одним з найпоширеніших методів ремонту таких незначних дефектів трубопроводів є встановлення підсилюючої накладки. Якщо трубопровід має достатню надійність стосовно руйнування, цей метод ремонту може використовуватися без припинення роботи трубопроводу, тобто під тиском [2].

Для виявлення найбільш раціональної форми підсилюючої накладки проведено розрахунки конструкції частки трубопроводу з накладкою методом кінцевих елементів. Розглянуто три варіанти форми накладки: круглої, подовженої вздовж окружності та подовженої вздовж твірної труби. Бажано, щоб накладка, встановлена на трубопроводі, не збільшувала значно рівень напружень у трубі поки дефект є ще герметичним, а також коли дефект розгерметизувався і порожнина під накладкою знаходиться під тиском.

Розрахунки проведені для конструкції з такими параметрами: $D=0,426$ м – зовнішній діаметр трубопроводу; $\delta=0,006$ м – товщина стінки трубопроводу з урахуванням можливого мінусового допуску; $\delta_n=0,007$ м – товщина накладки; $\Delta=0,001$ м – зазор між трубою і накладкою; $k=0,006$ м – катет зварювального шва.

Вважається, що трубопровід і накладка виконані з сталі. Розрахункова схема конструкції частки трубопроводу з підсилюючою накладкою наведена на рисунку, де через d позначено розмір дефекту в трубопроводі (поки труба є герметичною – $d = 0$). Тиск P прикладається по всій внутрішній поверхні труби, а в тих випадках, коли дефект перетворився на виразку, – ще й в порожнині між трубою і накладкою.



Трубопровід, накладка і зварювальний шов змодельовано твердотільними тетраедральними кінцевими елементами [3]. При розрахунку

ках використані умови симетрії конструкції відносно координатних площин.

Напружений стан трубопроводу з накладкою є більш складним, ніж звичайної труби, тому міцність елементів конструкції оцінювалась по найбільших еквівалентних напруженнях, які розраховані по гіпотезі енергії формозміни Фон Мізеса:

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)},$$

де $\sigma_x = \sigma_{11}$, $\sigma_y = \sigma_{22}$, $\sigma_z = \sigma_{33}$, $\tau_{xy} = \sigma_{12}$, $\tau_{yz} = \sigma_{23}$, $\tau_{zx} = \sigma_{31}$ – компоненти тензора напружень у тій точці елемента конструкції, яка розглядається.

Результати розрахунків для трубопроводу з трьома варіантами підсилюючих накладок наведено в таблиці, де позначено: $K_H = \sigma_{H \max} / \sigma_{\text{тр}}$ – коефіцієнт напружень в накладці; $K_{\text{ш}} = \sigma_{\text{ш} \max} / \sigma_{\text{тр}}$ – коефіцієнт напружень в зварювальному шві; $K_A = \sigma_A / \sigma_{\text{тр}}$, $K_B = \sigma_B / \sigma_{\text{тр}}$ – коефіцієнти напружень в точках А і В трубопроводу відповідно. Тут $\sigma_{\text{тр}}$ – максимальні еквівалентні напруження в трубопроводі без дефекту і без накладки; $\sigma_{H \max}$ – максимальні еквівалентні напруження в накладці; $\sigma_{\text{ш} \max}$ – максимальні відносні еквівалентні напруження в зварювальному шві; σ_A , σ_B – відносні еквівалентні напруження в точках А і В відповідно, ці точки розташовані в місцях максимальних напружень поблизу зварювальних швів (у повздовжньому і поперечному перерізах труби).

За результатами розрахунків можна зробити такі висновки:

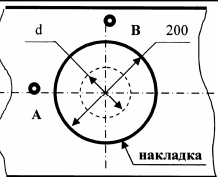
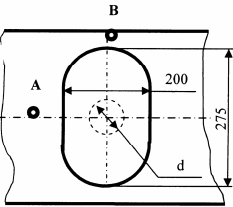
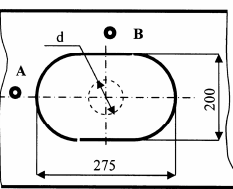
1. При відсутності тиску в зазорі між трубою і накладкою (труба герметична) для всіх розглянутих схем установки накладки збільшення напружень в основній трубі не перевищує 3-7% в невеликій зоні (40-60 мм) поблизу зварювального шва.

2. При порушенні герметичності трубопроводу і появи тиску під накладкою найбільш раціональними є кругла накладка (схема 1) і накладка, подовжена у напрямку окружності (схема 2). Для цих схем збільшення напруження в основній трубі не перевищує 18,5% при незначному зменшенні жорсткості труби в зоні під накладкою, де при значному дефекті труби зростання напружень в точці В труби для схеми 2 може досягати 32%.

3. Напруження в накладці для всіх розглянутих варіантів розрахунку (крім варіанту $d=100$ мм для схеми 3) нижче, ніж в основній трубі.

4. Встановлення накладки за схемою 3 (вздовж твірної) небажано застосовувати у зв'язку з підвищеним рівнем напружень при розгерметизації труби під накладкою як в основній трубі, так і в накладці.

Результати розрахунків підсилюючих накладок

Схема	Розрахункова величина	Напруження при діаметрі d отвору в трубопроводі		
		d = 0	d =0,02 м	d =0,1 м
Схема 1 (накладка круга)				
	K _H	0,537	0,874	0,953
	K _{III}	0,747	1,000	1,042
	K _A	1,068	1,147	1,089
	K _B	1,068	1,184	1,147
Схема 2 (накладка подовжена вздовж окружності)				
	K _H	0,589	0,947	0,921
	K _{III}	0,795	1,042	1,042
	K _A	1,063	1,184	1,105
	K _B	1,047	1,132	1,316
Схема 3 (накладка подовжена вздовж твірної)				
	K _H	0,484	0,984	1,121
	K _{III}	0,695	1,095	1,210
	K _A	1,053	1,226	1,153
	K _B	1,037	1,274	1,389

Таким чином, при ремонті дефектів трубопроводів типу “корозійна виразка” найбільш раціональною формою підсилюючої накладки є кругла форма. Як виключення в деяких обґрунтованих випадках можлива також установка накладки мало подовженої уздовж окружності труби.

1.Методика оцінки технічного стану трубопроводу з тривалим строком експлуатації та його залишкового ресурсу (друга редакція). – Харків: УкрНДІгаз, 2002.

2.СОУ 11.2-30019775-029:2004. Промислові газопроводи. Технологія ремонту під

тиском.

З.Шимкович Д.Г. Расчет конструкций MSC/NASTRAN for Windows. – М: ДМК Пресс, 2001. – 446 с.

Отримано 24.11.2004

УДК 697.32

Я.В.АДАМЧО

Восточноукраинский национальный университет им. Владимира Даля, г.Луганск

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА В КАНАЛАХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК

Предлагается математическая модель для расчета турбулентных течений в каналах вентиляционных систем теплогенерирующих установок. Вихревая вязкость определена по “связке” Прандтля-Колмогорова на основе k - ϵ модели турбулентности.

Оценка загрязнений окружающей среды теплогенерирующими установками (ТГУ) коммунального хозяйства требует определения суммарного выброса ТГУ в атмосферу. Поскольку выброс осуществляется вентиляционными системами, для его расчета требуется соответствующий математический аппарат, в частности, математические модели турбулентных потоков в каналах вентиляционных систем ТГУ.

Турбулентное течение является сложным физическим процессом, моделирование которого проводится при существенных упрощениях математического описания либо с использованием достаточно сложных вычислительных процедур [1, 2]. В первую очередь, это связано с выбором модели турбулентности для замыкания уравнений движения Рейнольдса.

В работе предложен компромиссный вариант математической модели турбулентного потока для цилиндрических и призматических каналов, который сочетает использование современных подходов к описанию турбулентного потока и допущений, позволяющих существенно упростить численную процедуру интегрирования.

Рассмотрим в декартовой системе координат канал произвольной формы с несжимаемой рабочей средой, поток которой направлен вдоль оси x . Теоретической основой моделирования турбулентного течения в таком канале является система уравнений движения Рейнольдса и неразрывности [2]. Поскольку используемые в практике прикладных расчетов модели турбулентности определяют дополнительные турбулентные напряжения на основе концепции вихревой вязкости, то формально систему можно представить в виде